

E5847

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-193443
 (43)Date of publication of application : 14.07.2000

(51)Int.Cl.

G01B 11/30

(21)Application number : 10-372769
 (22)Date of filing : 28.12.1998

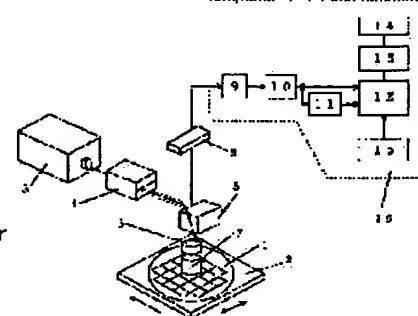
(71)Applicant : HITACHI LTD
 (72)Inventor : SHISHIDO HIROAKI
 YOSHITAKE YASUHIRO
 NAKADA TOSHIHIKO
 MAEDA SHUNJI

(54) METHOD AND DEVICE FOR INSPECTING PATTERN DEFECT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image of high resolution compared with the case that visible light is used as illumination light by projecting high-brightness ultraviolet light(UV light) which is emitted from a laser light source on a sample while reducing its coherence.

SOLUTION: While a semiconductor wafer 1 which is an example of a pattern to be inspected is moved at a constant speed when scanning a stage 2, the brightness information of a pattern to be inspected which is formed on the wafer 1 is detected with an image sensor 8. A gradation recognition converter 10 performs logarithmic conversion and exponential/polynominal conversion, etc., and an image wherein illumination light causes thin-film interference for unevenness in brightness is corrected with a thin film formed on the wafer in process. A discharge lamp is excellent as an UV(ultraviolet) light source, with, especially related to a mercury xenon lamp, the bright line in UV region stronger than other discharge lamps. By inserting a diffusion plate on the optical path of an UV laser for rotation and reciprocation, the spatial and time-related coherence is reduced simultaneously. Since a short-wavelength UV or a DUV laser is used with its coherence reduce, the defect of circuit pattern is detected with high precision.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-193443
(P2000-193443A)

(43)公開日 平成12年7月14日 (2000.7.14)

(51)Int.Cl.⁷
G 0 1 B 11/30

識別記号

F I
G 0 1 B 11/30テーマコト⁸ (参考)
D 2 F 0 6 5

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平10-372769

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(22)出願日 平成10年12月28日 (1998.12.28)

(72)発明者 宍戸 弘明

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 吉武 康裕

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

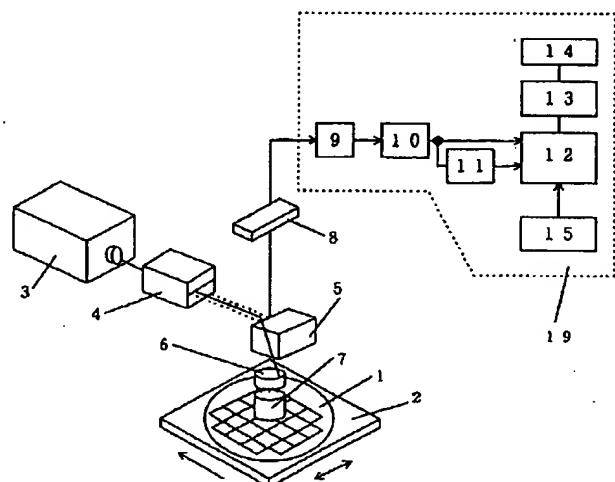
最終頁に統く

(54)【発明の名称】 パターン欠陥検査方法及びその装置

(57)【要約】

【課題】本発明は、微細な回路パターンを高い分解能で
検出する方法及び装置を提供することにある。【解決手段】試料の像を検出する対物レンズと、その瞳
に対して照明を行うレーザ照明手段と、レーザ照明の可
干渉性を低減する手段と、蓄積型の検出器と、その検出
信号を処理する手段とからなる。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】紫外線のレーザを発射するレーザ光源手段と、該レーザ光源手段から発射した紫外線のレーザの可干渉性を低減する可干渉性低減手段と、該可干渉性低減手段で可干渉性を低減した紫外線のレーザを試料上に照射する照射手段と、該照射手段により紫外線のレーザを照射された前記試料の像を検出する像検出手段と、該像検出手段で検出した前記試料の像に関する情報基いて前記試料に形成されたパターンの欠陥を検出する欠陥検出手段とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 2】前記可干渉性低減手段は、前記レーザ光源手段の少なくとも時間的コヒーレンスを低減させる手段であることを特徴とする前記請求項 1 に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 3】前記可干渉性低減手段は、照射レンズの瞳上に集光した光点を走査する手段を含むことを特徴とする前記請求項 2 に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 4】紫外線のレーザを発射するレーザ光源手段と、該レーザ光源手段から発射した紫外線のレーザの可干渉性を低減させる可干渉性低減手段と、該可干渉性低減手段を通過した前記紫外線のレーザを試料上に照射する対物レンズ手段と、該対物レンズ手段を介して紫外線のレーザを照射された前記試料の像を検出する像検出手段と、比較画像信号を記憶する記憶手段と、前記試料の像を検出した前記像検出手段から出力される前記試料の画像信号を前記記憶手段に記憶されている比較画像信号と比較することにより前記試料に形成されたパターンの欠陥を検出する欠陥検出手段とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 5】紫外線のレーザを発射するレーザ光源手段と、該レーザ光源手段から発射した紫外線のレーザの可干渉性を低減させる可干渉性低減手段と、該可干渉性低減手段を通過した前記紫外線のレーザを試料上に照射する対物レンズ手段と、前記試料を載置して X Y 平面内で移動可能なテーブル手段と、前記対物レンズ手段を介して前記紫外線のレーザを照射された前記試料の像を検出する時間遅延積分型のイメージセンサ手段と、前記テーブル手段の移動と前記時間遅延積分型のイメージセンサ手段の撮像とのタイミングを制御する制御手段と、比較画像信号を記憶する記憶手段と、前記時間遅延積分型のイメージセンサ手段で検出した前記試料の像に基く画像信号を前記記憶手段に記憶されている比較画像信号と比較して前記試料に形成されたパターンの欠陥を検出する欠陥検出手段とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 6】前記可干渉性低減手段が、前記対物レンズ手段の瞳上で前記紫外線のレーザを走査することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 7】前記可干渉性低減手段が、長さを変えた複

数の光ファイバまたはガラスロッドからなる光路部を有し、前記レーザ光源手段から発射した紫外線のレーザを前記光路部の複数の光ファイバまたはガラスロッドの一端から入射して他端から前記対物レンズの側へ出射することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 8】前記可干渉性低減手段が、複数の光ファイバまたはガラスロッドからなる光路部を有し、前記レーザ光源手段から発射した紫外線のレーザを前記光路部の複数の光ファイバまたはガラスロッドの一端に斜め方向から入射して他端から前記対物レンズの側へ出射することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 9】紫外線のレーザ光源と、該紫外線のレーザ光源から射出された紫外線のレーザの可干渉性を下げる可干渉性低減手段と、該可干渉性低減手段でを通過した紫外線のレーザを対物レンズの瞳に投射する投射手段と、該投射手段により前記対物レンズの瞳に投射された紫外線のレーザを対物レンズを介して対象物の検出視野においてほぼ一様に照明する照明手段と、該照明手段によりほぼ一様に照明された前記対象物の像を検出する像検出手段と、該像検出手段で検出した前記対象物の像から得られる画像データを予め記憶されている画像データと比較して対象物上の欠陥を検出する検出手段とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 10】レーザ光源から波長が 400 nm よりも短いレーザを発射し、該発射したレーザを可干渉性低減手段を介して試料上に照射し、該レーザを照射された前記試料の像を検出し、該検出した前記試料の像に関する情報基いて前記試料に形成されたパターンの欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 11】レーザ光源から紫外線のレーザを発射し、該発射した紫外線のレーザを可干渉性低減手段と対物レンズとを介して試料上に照射し、該紫外線のレーザを照射された前記試料の像を前記対物レンズを介して検出し、該対物レンズを介して検出して得た前記試料の像の画像信号を記憶手段に記憶されている比較画像信号と比較することにより前記試料に形成されたパターンの欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 12】レーザ光源から紫外線のレーザを発射し、該発射した紫外線のレーザの可干渉性低減手段と対物レンズとを介して平面内で移動するテーブル上に載置された試料上に照射し、前記対物レンズを介して前記紫外線のレーザを照射された前記試料の像を時間遅延積分型のイメージセンサで前記テーブルの移動に同期させて検出し、該時間遅延積分型のイメージセンサ手段で検出した前記試料の像に基く画像信号を予め記憶されている比較画像信号と比較して前記試料に形成されたパターンの欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項13】前記可干渉性低減手段を介して前記試料に照射される紫外線のレーザが、空間的に可干渉性が低減されていることを特徴とする請求項10乃至12の何れかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項14】前記可干渉性低減手段が長さの異なる複数の光ファイバまたはガラスロッドを備え、前記紫外線のレーザが前記可干渉性低減手段の長さの異なる複数の光ファイバまたはガラスロッドを通過することにより前記紫外線のレーザが前記空間的に可干渉性を低減されることを特徴とする請求項13記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項15】前記可干渉性低減手段が複数の光ファイバまたはガラスロッドを備え、前記紫外線のレーザが前記可干渉性低減手段の複数の光ファイバまたはガラスロッドに斜め方向から入射して該複数の光ファイバまたはガラスロッドを通過することにより前記紫外線のレーザが前記空間的に可干渉性を低減されることを特徴とする請求項13記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項16】前記可干渉性低減手段を介して前記試料に照射される紫外線のレーザが、前記試料上で時間的に可干渉性が低減されて検出されることを特徴とする請求項10乃至12の何れかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項17】前記可干渉性低減手段を介して前記試料に照射される紫外線のレーザにより前記試料上に形成されるスペックルの位置を前記検出の時間よりも短い時間で変化させることにより前記紫外線のレーザの前記時間的な可干渉性を低減させることを特徴とする請求項16記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項18】レーザ光源から発射した紫外線のレーザを対物レンズの瞳上で走査し、該瞳上で走査した紫外線のレーザを前記対物レンズを介して試料上に照射し、該紫外線のレーザを照射された前記試料の像を蓄積型の検出器で検出し、該蓄積型の検出器で検出して得た前記試料の画像信号を用いて前記試料に形成されたパターンの欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項19】前記紫外線のレーザを対物レンズの瞳上で走査する周期が、前記蓄積型の検出器の蓄積時間よりも短いことを特徴とする請求項18に記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項20】光源から発射したコヒーレント光のコヒーレンシーを光路の途中で低減させ、該コヒーレンシーを低減させた光を対物レンズを介して試料上に照射し、該コヒーレンシーを低減させた光を照射された前記試料の像を前記対物レンズを介して蓄積型の検出器で検出し、該蓄積型の検出器で検出した前記試料の像から得た画像信号を予め記憶されている比較画像信号と比較することにより前記試料に形成されたパターンの欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項21】レーザ光源から紫外線のレーザを発射し、該発射した紫外線のレーザを可干渉性低減手段と対物レンズとを介して回路パターンを形成した半導体ウェハ上に照射し、前記紫外線のレーザを照射された前記半導体ウェハの前記回路パターンの像を前記対物レンズを介して固体撮像素子で検出し、該固体撮像素子で検出した前記回路パターンの像に基く画像信号を予め記憶されている比較画像信号と比較することにより、前記半導体ウェハ上の0.2μmよりも小さい欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はパターンの欠陥を検出する方法及びその装置に係り、特に半導体ウェハや液晶ディスプレイ、ホトマスクなどに形成されたパターンの欠陥を検査するのに好適なパターン欠陥検査方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の検査装置は特開平7-318326号（従来技術1）に記載のように、被検査パターンを移動させつつ、ラインセンサ等の撮像素子により被検査パターンの画像を検出し、検出した画像信号と定めた時間遅らせた面後信号の濃淡を比較することにより、不一致を欠陥として認識するものであった。

【0003】また、被検査パターンの欠陥検査に関する従来技術としては、特開平8-320294号公報（従来技術2）が知られている。この従来技術2には、メモリマット部などのパターン密度が高い領域と周辺回路などのパターン密度が低い領域とがチップ内に混在する半導体ウェハなどの被検査パターンから検出された画像上で明るさ一頻度分布より被検査パターンの高密度領域と低密度領域との間での明るさあるいはコントラストが階調変換により定めた関係となるべく、前記検出された画像信号をA/D変換して得られるディジタル画像信号に対して階調変換し、この階調変換された画像信号と比較する階調変化された画像信号とについて閾数近似し、これら閾数近似された曲線の間の差について積分し、この積分値からの位置ずれの高精度検出に基づいて両階調変換された画像信号を位置合わせした状態で被検査パターン比較を行って微細欠陥を高精度に検査する技術が記載されている。

【0004】また、ホトマスクの検査の場合には、露光光と検査光を同一にすることにより、露光時に影響がでる有害欠陥だけを検出するという発想が従来よりあり、紫外光（以下、UV光という）を露光光とするホトマスクに対して露光光と同一のUV光を光源として検査を行う技術も開示されている。これらの発明には、ホトマスク上の回路パターンの外観を検査する技術として、特開平8-94338号公報（従来技術3）、特開平10-78668号公報（従来技術4）などがある。また、位

相シフトマスクにおける位相シフタ量の計測を行うものに特開平10-62258号公報（従来技術5）、特開平10-78648号公報（従来技術6）などがある。

【0005】さらにプロセス中で用いられる材料の吸収特性が可視光とUV光とで異なることを利用し、可視光とUV光とで検査を行い、回路パターンや異物を光学的に顕在化する技術が特開平4-165641号公報（従来技術7）、特開平4-282441号公報（従来技術8）にある。

【0006】また、物体の外形を光学的に計測する手段として干渉計というのがあるが、これに対してUV光を適用する発明が特開平4-357407号公報（従来技術9）にある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】近年のLSI製造においては、ウェーハ上に形成された回路パターンは、高集積化のニーズに対応し微細化して、パターンの幅が0.25μmからそれ以下になってきており、結像光学系の解像限界に達している。このため結像光学系の高NA化や光超解像技術の適用、画像処理の高度化が進められている。前記従来技術1、2はこれらを適用したものである。しかしながら、高NA化は、物理的に限界に達しており、また、高段差パターンに弱いという課題がある。また光超解像技術や画像処理はその非線形な応答性から、適用範囲が限られているという課題がある。

【0008】従って、検出に用いる波長を、従来用いられている可視光からUV光の領域へ短波長化していくのが本質的なアプローチである。

【0009】一方、ホトマスクに対して考案された露光光と同一の光源を用いようという発想は、位相シフタ量を計測するための従来技術5、6に対して有効である。これはシフタ量が光源の波長と直接リンクするからである。しかしながら、被検査試料の全面あるいはそれに匹敵する広い領域の回路パターンの外観を検査して欠陥を検出する場合、必ずしも露光光と同一にする（従来技術3、4）のが適切な手法であるとは限らない。

【0010】これは、露光によるウェーハ上への転写性は、光源波長や光学系の条件だけによって決まるものではないからである。露光量、レジスト特性、焦点ずれ量、下地の光学特性、現像プロセスなど、さまざまな要因が複雑に関連する。従って、従来技術3、4ではこれらの複雑な条件を含めてシミュレーションを行い、じっくりと一個の欠陥の転写性を解析するのには適しているが、短時間に多量の回路パターンを検査する技術とは異なる。

【0011】この場合、高価で取り扱いの難しい露光用の光源を検査に適用して検査を行うよりも、欠陥の検出に目的を絞った光源により、検出転写する可能性をもった欠陥を極力高い感度で徹底して検出することがこの問題に対する現実的な解決手段となる。

【0012】この場合、解像度を高めることが目的でUV光を用いるので、従来技術7、8のように解像度を低下させる可視光を併用することは出来ない。

【0013】また、高速に検査を行う必要があるため、従来技術9のように細く絞ったレーザビームを用いることは出来ない。UV光の領域では、高輝度な放電ランプがないためにレーザでの高輝度照明が必須であるが、逆にレーザビームを視野いっぱいに広げて照明を行うと、レーザの干渉による干渉縞パターン、いわゆるスペックルが発生し、また回路パターンのエッジ部分にオーバーシュート、アンダーシュートが発生するため、画像を得ることが出来ない。

【0014】本発明の目的は、上記課題を解決し、微細な回路パターンを高い分解能で高速に検出する方法及び装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためには、本発明では、光源にUVレーザ光源を用い、光路中にUVレーザのスペックルの発生を抑制する手段を設け、可干渉性を低減させたUV光を対象物表面に照射して、対象物の像を検出するようにした。

【0016】このUVレーザのスペックルの発生を抑制する手段として、より具体的には1)光源からの光を対物レンズの瞳上の1点に集光し、その集光点を検出器の蓄積時間にタイミングを合わせて瞳上を走査する、2)レーザ光源から射出されたUV光を光軸ずらしを行った光ファイバの束に入射させ、射出した光を対物レンズの瞳上に集光する、3)光路長をレーザ光源の可干渉距離以上に変化させた光ファイバ群に入射させ、射出した光を対物レンズの瞳上に集光する、4)それらの組み合わせにより瞳上を照明する、等の手段を設けるようにした。

【0017】すなわち、本発明では、パターン欠陥検査装置を、紫外線のレーザを発射するレーザ光源手段と、このレーザ光源手段から発射した紫外線のレーザの可干渉性を低減する可干渉性低減手段と、可干渉性低減手段で可干渉性を低減した紫外線のレーザを試料上に照射する照射手段と、この照射手段により紫外線のレーザを照射された試料の像を検出する像検出手段と、この像検出手段で検出した試料の像に関する情報基いて試料に形成されたパターンの欠陥を検出する欠陥検出手段とを備えて構成したことを特徴とするものである。

【0018】また、本発明では、パターン欠陥検査装置を、紫外線のレーザを発射するレーザ光源手段と、このレーザ光源手段から発射した紫外線のレーザの可干渉性を低減させる可干渉性低減手段と、この可干渉性低減手段を通過した紫外線のレーザを試料上に照射する対物レンズ手段と、この対物レンズ手段を介して紫外線のレーザを照射された試料の像を検出する像検出手段と、比較画像信号を記憶する記憶手段と、試料の像を検出した像

検出手段から出力される試料の画像信号を記憶手段に記憶されている比較画像信号と比較することにより前記試料に形成されたパターンの欠陥を検出する欠陥検出手段とを備えて構成したことを特徴とするものである。

【0019】また、本発明では、パターン欠陥検査装置を、紫外線のレーザを発射するレーザ光源手段と、このレーザ光源手段から発射した紫外線のレーザの可干渉性を低減させる可干渉性低減手段と、この可干渉性低減手段を通過した紫外線のレーザを試料上に照射する対物レンズ手段と、試料を載置してXY平面内で移動可能なテーブル手段と、対物レンズ手段を介して紫外線のレーザを照射された試料の像を検出する時間遅延積分型のイメージセンサ手段と、テーブル手段の移動と時間遅延積分型のイメージセンサ手段の撮像とのタイミングを制御する制御手段と、比較画像信号を記憶する記憶手段と、時間遅延積分型のイメージセンサ手段で検出した試料の像に基く画像信号を記憶手段に記憶されている比較画像信号と比較して試料に形成されたパターンの欠陥を検出する欠陥検出手段とを備えて構成したことを特徴とするものである。

【0020】また、本発明では、パターン欠陥検査装置を、紫外線のレーザ光源と、この紫外線のレーザ光源から射出された紫外線のレーザの可干渉性を下げる可干渉性低減手段と、この可干渉性低減手段でを通過した紫外線のレーザを対物レンズの瞳に投射する投射手段と、この投射手段により対物レンズの瞳に投射された紫外線のレーザを対物レンズを介して対象物の検出視野においてほぼ一様に照明する照明手段と、この照明手段によりほぼ一様に照明された対象物の像を検出する像検出手段と、この像検出手段で検出した対象物の像から得られる画像データを予め記憶されている画像データと比較して対象物上の欠陥を検出する検出手段とを備えて構成したことを特徴とするものである。

【0021】また、本発明は、レーザ光源から波長が400nmよりも短いレーザを発射し、この発射したレーザを可干渉性低減手段を介して試料上に照射し、このレーザを照射された試料の像を検出し、この検出した試料の像に関する情報基いて試料に形成されたパターンの欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法である。

【0022】また、本発明は、レーザ光源から紫外線のレーザを発射し、この発射した紫外線のレーザを可干渉性低減手段と対物レンズとを介して試料上に照射し、この紫外線のレーザを照射された試料の像を対物レンズを介して検出し、この対物レンズを介して検出して得た試料の像の画像信号を記憶手段に記憶されている比較画像信号と比較することにより試料に形成されたパターンの欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法である。

【0023】また、本発明は、レーザ光源から紫外線の

レーザを発射し、この発射した紫外線のレーザの可干渉性低減手段と対物レンズとを介して平面内で移動するテーブル上に載置された試料上に照射し、対物レンズを介して紫外線のレーザを照射された試料の像を時間遅延積分型のイメージセンサでテーブルの移動に同期させて検出し、この時間遅延積分型のイメージセンサ手段で検出した試料の像に基く画像信号を予め記憶されている比較画像信号と比較して試料に形成されたパターンの欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法である。

【0024】また、本発明は、レーザ光源から発射した紫外線のレーザを対物レンズの瞳上で走査し、この瞳上で走査した紫外線のレーザを対物レンズを介して試料上に照射し、この紫外線のレーザを照射された試料の像を蓄積型の検出器で検出し、この蓄積型の検出器で検出して得た試料の画像信号を用いて試料に形成されたパターンの欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法である。

【0025】また、本発明は、光源から発射したコーヒーレント光のコーヒレンシーを光路の途中で低減させ、このコーヒレンシーを低減させた光を対物レンズを介して試料上に照射し、このコーヒレンシーを低減させた光を照射された試料の像を対物レンズを介して蓄積型の検出器で検出し、この蓄積型の検出器で検出した試料の像から得た画像信号を予め記憶されている比較画像信号と比較することにより試料に形成されたパターンの欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法である。

【0026】更に、本発明は、レーザ光源から紫外線のレーザを発射し、この発射した紫外線のレーザを可干渉性低減手段と対物レンズとを介して回路パターンを形成した半導体ウェハ上に照射し、紫外線のレーザを照射された半導体ウェハの回路パターンの像を対物レンズを介して固体撮像素子で検出し、この固体撮像素子で検出した回路パターンの像に基く画像信号を予め記憶されている比較画像信号と比較することにより、半導体ウェハ上の0.2μmよりも小さい欠陥を検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法である。

【0027】

【発明の実施の形態】本発明に係わる被検査パターンの欠陥検査方法及びその装置の実施例を図面を用いて説明する。図1は、本発明に係わる装置の一例を示す図である。2はX, Y, Z, θ(回転)ステージであり、被検査パターンの一例である半導体ウェハ1を載置するものである。7は対物レンズである。3は被検査パターンの一例である半導体ウェハ1を照明する照明光源(UVレーザ)である。5は偏光ビームスプリッタであり、照明光源7からの照明光を反射させて対物レンズ7を通して半導体ウェハ1に対して例えれば明視野照明を施すように構成している。6は1/4波長板であり偏光ビームスプリッタ5と組み合わせて高効率のハーフミラーを構成す

る。4は光源からのレーザビームを対物レンズ7の瞳上を走査するための走査機構である。8はイメージセンサであり、被検査パターンの一例である半導体ウエハ1からの反射光の明るさ（濃淡）に応じた濃淡画像信号を出力するものである。9はA/D変換器であり、イメージセンサ8から得られる濃淡画像信号をデジタル画像信号に変換するものである。

【0028】ステージ2を走査して被検査パターンの一例である半導体ウエハ1を等速度で移動させつつ、イメージセンサ8により半導体ウエハ1上に形成された被検査パターンの明るさ情報（濃淡画像信号）を検出する。

【0029】10は、階調変換器であり、A/D変換器9から出力されるデジタル画像信号に対して特開平8-320294号公報に記載されたような階調変換を施すものである。即ち、階認変換器10は、対数変換や指數変換、多項式変換等を施し、半導体ウェハ上にプロセスで形成された薄膜により照明光が薄膜干渉をおこし、明るさむらが生じた画像を補正するものである。階調変換器10からは、例えば8ビットデジタル信号で出力するように構成する。11は遅延メモリであり、階調変換器10からの出力画像信号を繰り返される半導体ウェハを構成する1セル又は複数セルピッチまたは1チップまたは1ショット分記憶して遅延させるものである。

【0030】12は比較器であり、階調変換器10から出力される階調変換が施された画像信号と遅延メモリ11から得られる遅延画像信号とを比較し、欠陥を検出するものである。

【0031】比較器12は、遅延メモリ11から出力されるセルピッチ等に相当する量だけ遅延した画像と検出した画像を比較するものであり、設計情報に基づいて得られる半導体ウエハ1上における配列データ等の座標を、キーボード、ディスク等から構成された入力手段15で入力しておくことによりCPU13は、比較器による比較の結果を入力された半導体ウエハ1上における配列データ等の座標に基づいて、欠陥検査データを作成して記憶装置14に格納する。この欠陥検査データは、必要に応じてディスプレイ等の表示手段に表示することもでき、また出力手段に出力することもできる。

【0032】なお、比較器の詳細は、特開昭61-212708号公報に示されているようなものでもよく、例えば、画像の位置合わせ回路や、位置合わせされた画像の差画像検出回路、差画像を2値化する不一致検出回路、2値化された出力より面積や長さ（投影長）、座標などを貸出する特徴抽出回路等からなる。

【0033】次に、光源3について説明する。前記したように、高解像化のためには短波長化を行うことが必要であるが、その効果がもっとも得られるUV光（紫外光）またはDUV（遠紫外光）の波長領域において、高照度の照明を得ることは難しい。UV光源としては、放電ランプが優れており、特に水銀キセノンランプはUV

領域での輝線が他の放電ランプと比べて強い。

【0034】図2には、水銀キセノンランプの波長に対する放射強度の一例を示したが、従来の可視光の広い波長範囲に比べて、DUV領域での輝線は全出力光の1～2%にすぎない（可視域では30%程度ある）。また、光の放射が方向性なく出る放電ランプから出た光を試料上まで導ける効率は、慎重に設計した光学系の場合でも著しく低く、結局、UV領域での放電ランプによる照明では、十分な光量を確保することが大変難しい。

【0035】また、試料上での照度（輝度）向上をねらって大出力の放電ランプを用いても、それらは小出力のものと比べて発光輝点のサイズが大きくなっているだけなので、結局、輝度（単位面積あたりの光パワー）を向上させることにはならない。

【0036】従って、中心波長が400nm以下、好ましくは300nmよりも短いUVまたはDUV（以下、これらを合わせてUVという）領域で有効な、高輝度の照明を行うにはレーザを光源とするのが適していると考えられる。本発明は、このUVレーザを光源として試料の照明を行う場合の、課題を解決する手段を提供するものである。

【0037】図3に、通常の白色光で照明した場合の対物レンズ瞳と試料上の視野の照明状況を示した。図中ASは瞳を、FSは視野を示す。瞳位置では光源の像が結像31し、視野の位置では視野全体がほぼ均一に照明32される。

【0038】次に、図4に、レーザ光源で照明した場合を示す。この場合、瞳位置での光源像41は点になる。試料上の視野で照明42された回路パターンは、たとえば同図c）のような断面のパターンの場合、d）のような検出波形を持った像となる。

【0039】このように、回路パターンをレーザ光で照明し、回路パターンの画像を取得する場合に、エッジ部分にオーバーシュート、アンダーシュートが発生したりスペックルが発生する原因は、照明の σ が小さいためである。このことは、対物レンズ下の試料上の視野に対して、様々な角度からの照明を行っていないともいふことができる。一方、通常の白色光の照明では、瞳上にある大きさを持った照明を行い、試料上の視野に対して、対物レンズのNA（開口数）に匹敵する角度範囲を持った方向から照明を行っている。

【0040】レーザ光のような可干渉（コヒーレンスを有する）光では、 σ （瞳上での光源の大きさに比例する）は0となる。これは、可干渉な光は、その光源像が点であるため、瞳上での像も点になってしまうためである。もちろん、図5のごとく、別なレンズ系により広げた光束51を瞳上に投影することは出来るが、レーザにコヒーレンスがあるため、結局は $\sigma=0$ の位置からすべての光がでているのと同じ結果52を得てしまい、問題の解決とはならない。従って、レーザ光のコヒーレンス

を低減する手段が必要となる。コヒーレンスを低減するには、時間コヒーレンスか空間コヒーレンスかのいずれかを低減させねばよい。そこで本発明では、検査装置の対物レンズの瞳上に光源の像を結像し、たとえば、最初に図6 a) 中の6 1の位置を照明し、次に6 2の位置を、次に6 3の位置を……というように走査し、視野上を照明6 5することを提案する。この間、各位置でスペックルとオーバーシュート、アンダーシュートの像が得られるが、得られた時刻がそれぞれ異なるために互いに干渉性はない。従って、それらを検出器上で加算すると、結局インコヒーレントな光源によるものと同じ像を得ることになる。検出器上で加算するためには、検出器はCCDイメージセンサのように蓄積型の検出器が適している。

【0041】この場合の走査は、同図b) やc) のごとく螺旋状走査6 6でもテレビ状(ラスタ)走査6 7でもよいし、さらにはかの走査でも良く、ただ、走査されねばよい。ただし、走査は、検出器の蓄積時間以内におこなわなくてはならないことは言うまでもない。従って、走査を検出器の動作と同期をとって行うと良い。

【0042】このようにして、図6では、a) FSのような視野全体に対する照明6 5の像を得ることができる。

【0043】また、図示していないが、レーザ光源から出射したUVレーザ光の光路中にフライアイレンズを挿入することにより、複数の点光源からなる二次光源を形成し、この複数の点光源からなる二次光源の像を前記した対物レンズの瞳上に結像させ、この二次光源の像の位置を対物レンズの瞳上で時間的に変化させても、同様の効果を得ることができる。

【0044】ここで、検出器を蓄積型の検出器、しかも披検査試料を顕微鏡のような狭い視野で高速に全面走査するのに有利な1次元センサ(例えば、CCDイメージセンサなどの固体撮像素子)を使うことを考える。図7に示すように、1次元センサ7 1に対し、視野全面を照明しても、検出に寄与する照明は領域7 2だけで、その光パワーの大部分を占める領域7 3は、検出には寄与していない。照度を向上させるためには、図8に示すように、1次元センサ7 1に対して領域8 2のように線状の照明を行うのが良い。(視野上でCCDイメージセンサを、CCDイメージセンサのセンサアレイの並び方向と直角な方向に走査させることにより2次元画像が得られる)

その場合、瞳上で、図9に示すように、Y方向(図中太い実線で示した9 1の長手方向)を長手とする照明を行うことで、試料上の視野には、CCDイメージセンサ7 1の形に合わせた照明9 2を行うことができる。また、瞳上での走査は、X方向に対して行う。このとき、その走査の周期T sは、CCDイメージセンサの蓄積時間T iより短く行う。これにより画像の加算ができる。問題

は、この走査では、照明が瞳上Y方向に最初から広がっているために、Y方向の走査ができないという点にある。このため、視野上でCCDイメージセンサのY方向に生じるオーバーシュート・アンダーシュートを低減できない。逆に、瞳上でのY方向の走査を行おうとしてY方向の長さを短くすると、視野上でのY方向の幅が広がってしまい、照度が低下する。

【0045】この問題に対し、本発明では、図10に示すように、CCDイメージセンサの中でもTDIイメージセンサ(Time Delay Integration image sensor: 時間遅延積分型イメージセンサ: 複数の1次元イメージセンサを2次元に配列した構造を有し、各1次元イメージセンサの出力を定めた時間遅延しては対象の同一位置を撮像した隣接する1次元イメージセンサの出力と加算していくことにより、検出光量の増加を図ったタイプのイメージセンサ: 以下TDIイメージセンサという)を用いることで解決される。TDIイメージセンサの場合、視野上でN段(数十~100段)のCCDイメージセンサが並ぶため、視野上で照明されるエリアの幅がN倍に広がっても、照明光は検出に有效地に利用される。

【0046】このため、瞳上での集光10 2のY方向の長さは、CCDイメージセンサの場合の約1/Nにする事ができ、瞳上でXとYの両方向に走査できるようになる。これにより、視野上でTDIイメージセンサのX・Yの両方向に生じるオーバーシュート・アンダーシュートを低減でき、良好な検出画像を得られる。

【0047】また、瞳上の走査周期T sは、TDIイメージセンサの1段の蓄積時間のN倍よりも短くあればよい。ただし、視野上に生じる照度分布を考慮すると、より均一な検出のためには、T sはT iのN倍の1/2より短い方が良い。

【0048】また、視野上で均一な照明を行うためには、レーザ光源からの光を直接瞳上に集光するのではなく、フライアイやインテグレータを通してから集光すると良い。

【0049】次に、空間的なコヒーレンスを低減させる手段について説明する。空間的なコヒーレンスを低減させるためには、レーザの可干渉距離よりも長い光路差を持った光を得れば良く、より具体的には、図11に示すように、レーザの出力光を個々の長さを変えて束ねた光ファイバ11 1またはガラスロッドに対して入射されれば、その出力光はそれぞれインコヒーレント(干渉性がない)光になる。これをそれぞれ瞳上に配置すればオーバーシュート・アンダーシュート・スペックルがない画像が得られる。

【0050】また、この方式では、レーザ光源の可干渉距離は短い方が良く、そのためには、図11a)に示すような、発振波長の帯域 $\Delta\lambda$ 1が狭く、単一の縦モード(発振スペクトル)で発振するものよりは、同図b)に示すような縦モードが複数ある $\Delta\lambda$ 2が広いものが適し

ている。

【0051】また、他の空間的コヒーレンスを低減する考案としては、光ファイバに光軸をずらして入射させたときに、射出光の横モード（空間分布、空間に対する光強度 I）が変化するという現象を利用するものがある。通常、このようなモード変化は、産業上の利用に対して不利な現象とされ、横モードの変化の低減に努力するのが一般的であるが、本発明では、これを逆手に取り、図 12 に示すように、故意に様々な光軸ずらしをおこないファイバ 121 に入射させ、様々に横モードを変化させた射出光 a)、b) c)、d)、e) ……を作り出す。その結果、得られた射出光は互いにインコヒーレントとなるので、これらを瞳上に配置する。

【0052】図 13 には、レーザ光源 3 からの射出光を、偏光ビームスプリッタ 131 により互いに直行する偏波面を持つ 2 つの光 133/134 に分離した様子を示す。132 は方向を変えるためのミラーである。

【0053】互いに直行する偏波面を持った光には可干渉性がないので、非常に簡単な構成で可干渉性のない光を得ることができる。この方式では 2 つの光しか得ることができないが、これをすでに述べた方式と合わせることにより、可干渉性のない光を容易に得ることができる。

【0054】また、互いに独立した光源には可干渉性がないので、図 14 に示すように独立した光源 141、142、143、144 ……を用いて、そのまま対物レンズ 7 の瞳の各点を照明するようにしてもよい。

【0055】また、これに前述の偏光ビームスプリッターによる方法を組み合わせれば、図 15 に示すように、レーザ光源を倍にした効果が得られる。また、ビームの数を同じにすれば、偏光ビームスプリッタを用いることにより、レーザ光源の数を 1/2 にでき、価格を低く抑えることができる。

【0056】以上、UV レーザのコヒーレンスを低減させ、このコヒーレンスを低減させた UV レーザにより瞳上の複数の点を照明し、対物レンズで集光して像を得る手段を複数示したが、これらは互いに組み合わせることもでき、また、これらと同等の低減方法を用いるものであっても良い。

【0057】また、図示はしていないが、UV レーザの光路途中に拡散板を挿入し、この拡散板を回転又は往復動させることにより、UV レーザの空間的コヒーレンスと時間的コヒーレンスとを同時に低減させることもできる。更に、この拡散板を上記した他のコヒーレンスを低減させる手段と組み合わせて用いてもよい。

【0058】本発明によれば、波長の短い UV レーザまたは DUV レーザを可干渉性を低減して用いることができる。

きるので、0.2 μm よりも小さいパターン幅を有する回路パターンの欠陥を、十分な精度で検出することができる。

【0059】

【発明の効果】本発明によれば、レーザ光源から出射した高輝度な UV 光を、可干渉性を低減させて試料上に照明できるので、従来の可視光を照明光として用いた場合と比べて、高解像度の像を得ることが可能になり、欠陥を高感度に検出することができるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る被検査パターンの欠陥検査装置の実施例を示す構成図である。

【図 2】放電管照明の発光スペクトルを説明する図である。

【図 3】放電管照明による、検出対物レンズの瞳上と視野上の照明状況を示す図である。

【図 4】レーザー照明による検出対物レンズの瞳上と視野上の照明状況および、視野上のパターン、およびそれからの検出信号を示す図である。

【図 5】瞳上で広げたレーザー照明による検出対物レンズの瞳上と視野上の照明状況を示す図である。

【図 6】本発明に係るレーザー照明による検出対物レンズの瞳上と視野上の照明状況を示す図である。

【図 7】本発明に係る視野上での CCD イメージセンサ検出器と照明領域の関係を示す図である。

【図 8】本発明に係る視野上での CCD イメージセンサ検出器と照明領域の関係を示す図である。

【図 9】本発明に係るレーザー照明による検出対物レンズの瞳上と視野上の CCD イメージセンサ検出器と照明状況を示す図である。

【図 10】本発明に係るレーザー照明による検出対物レンズの瞳上と視野上の TDI イメージセンサ検出器と照明状況を示す図である。

【図 11】本発明に係るレーザー照明の空間的コヒーレンスを低減する考案を説明する図である。

【図 12】本発明に係るレーザー照明の空間的コヒーレンスを低減する考案を説明する図である。

【図 13】本発明に係るレーザー照明の空間的コヒーレンスを低減する考案を説明する図である。

【図 14】本発明に係るレーザー照明の空間的コヒーレンスを低減する考案を説明する図である。

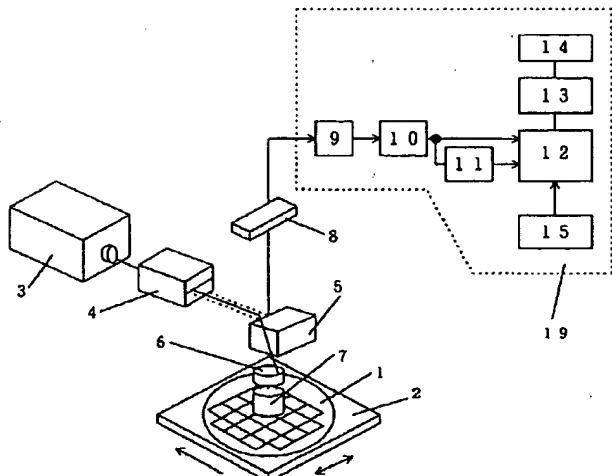
【図 15】本発明に係るレーザー照明の空間的コヒーレンスを低減する考案を説明する図である。

【符号の説明】

1 … 検査試料、2 … ステージ、3 … レーザ光源、4 … コヒーレンス低減光学系、7 … 対物レンズ、8 … 検出器、19 … 信号処理回路。

【図1】

図1

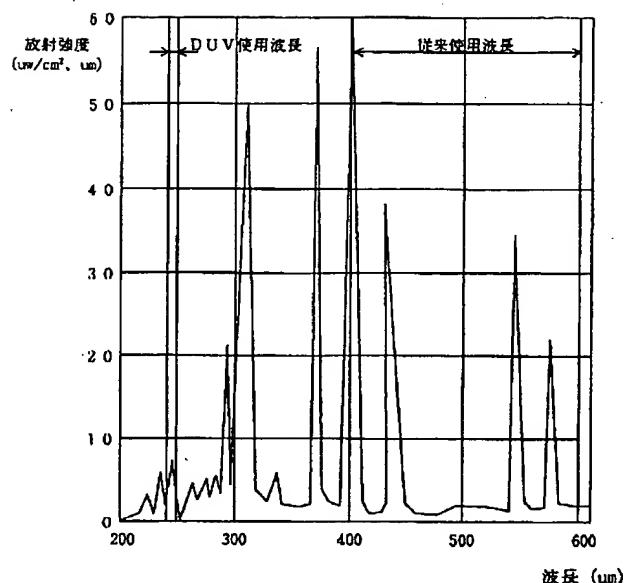


【図3】

図3

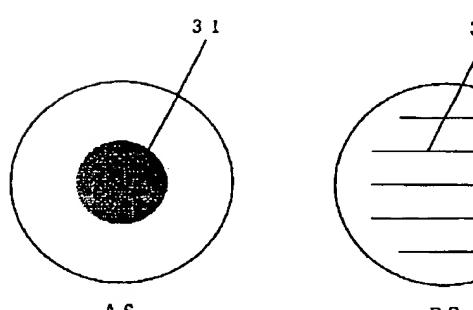
【図2】

図2



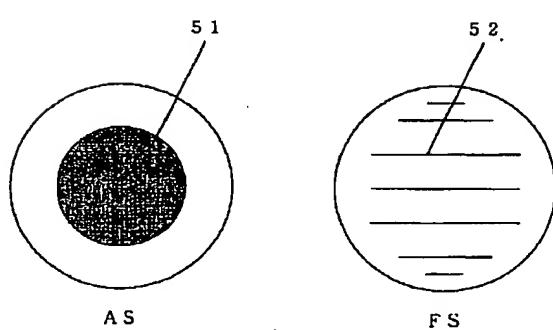
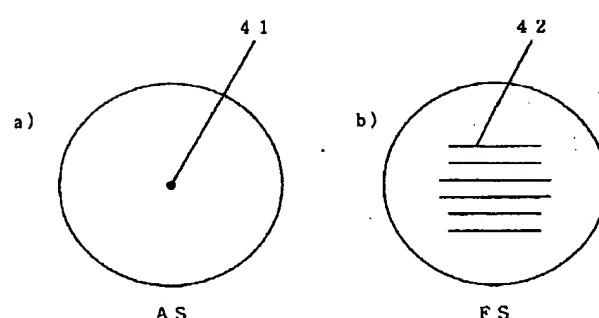
【図4】

図4

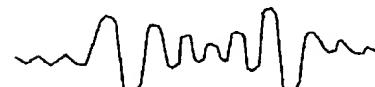


【図5】

図5

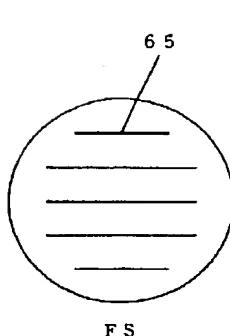
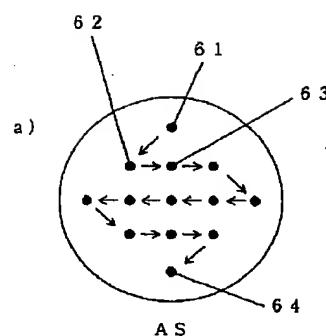


d)



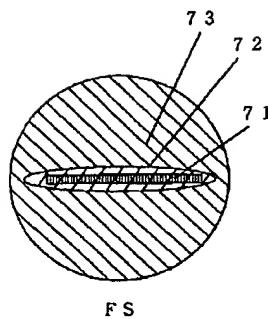
【図6】

図6



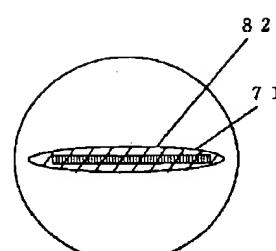
【図7】

図7



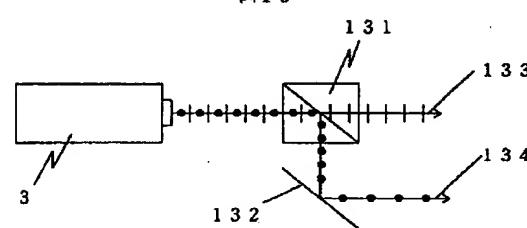
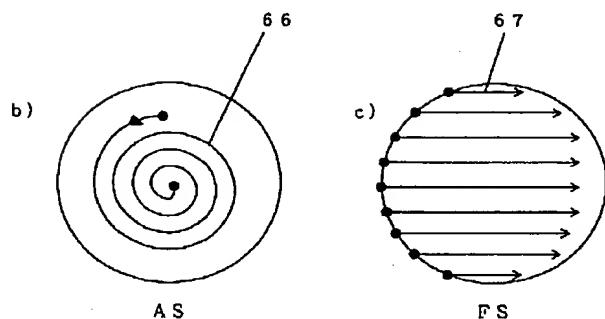
【図8】

図8



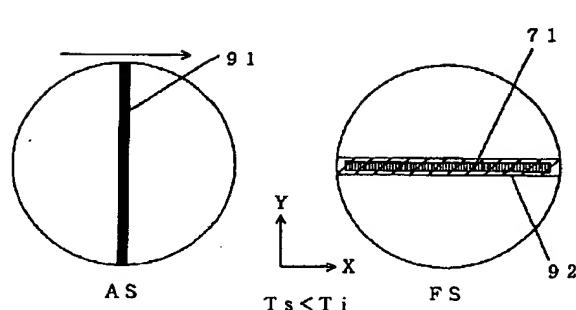
【図13】

図13



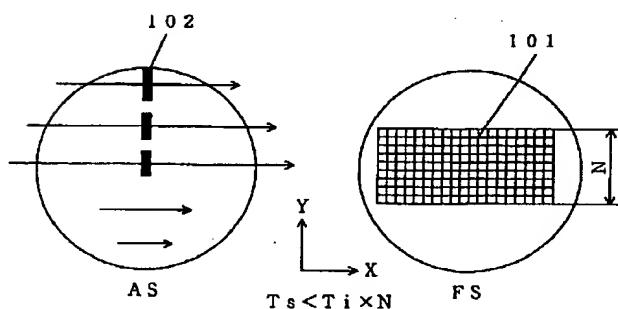
【図9】

図9



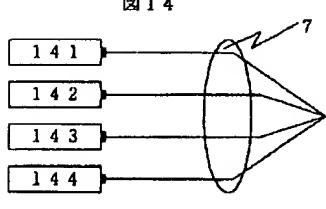
【図10】

図10



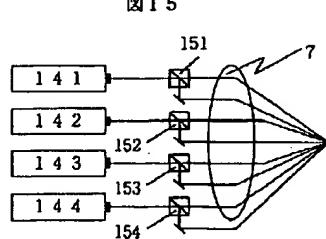
【図14】

図14



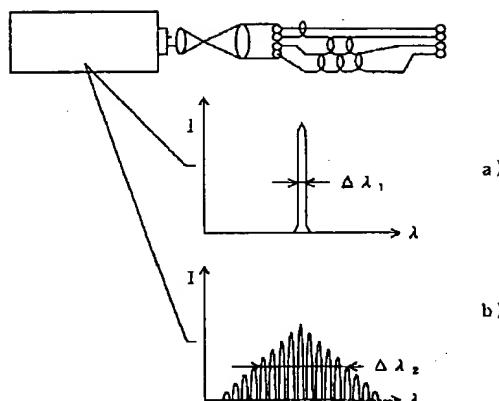
【図15】

図15



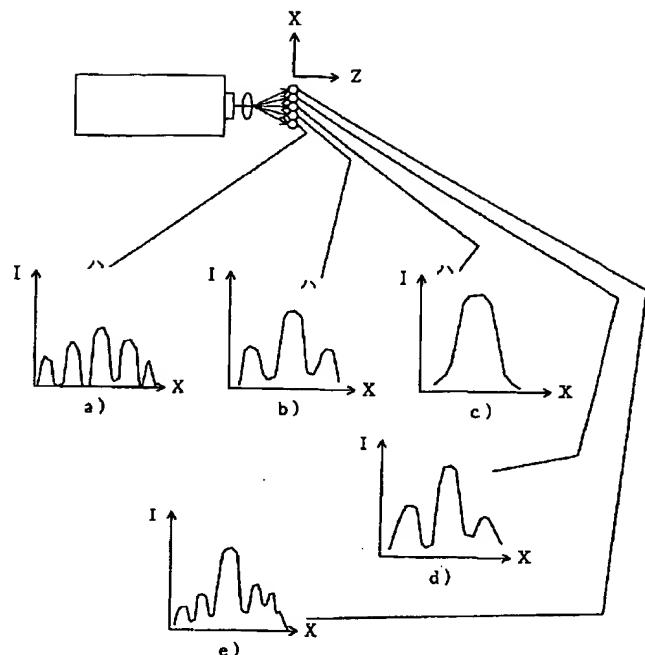
【図11】

図11



【図12】

図12



フロントページの続き

(72)発明者 中田 俊彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 前田 俊二

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

Fターム(参考) 2F065 AA49 CC18 CC19 DD03 DD11

GG04 GG22 HH17 JJ00 JJ03

JJ26 LL03 LL10 LL36 LL37

MM16 PP12 QQ03 QQ11 QQ14

QQ24 QQ25 QQ27